

TRACE コード及び CTF コードによる部分長燃料棒を模擬した 5×5 バンドル 沸騰二相流の実験解析

Experimental analysis of boiling two-phase flow in heated 5×5 rod bundle with part-length rods
using TRACE code and CTF code

*大川 理一郎¹, 古谷 正裕¹, 宇井 淳¹, 新井 崇洋¹, 飯山 継正¹, 植田 翔多¹, 白川 健悦¹

¹電中研

部分長燃料棒を含む BWR 燃料集合体を模擬した 5×5 バンドル体系の沸騰実験を対象に、バンドル内ボイド率の多次元的分布に着目して、システム解析コード TRACE 及びサブチャンネル解析コード CTF を用いて再現解析を実施した。

キーワード：TRACE コード, CTF コード, BWR 燃料集合体, 部分長燃料棒, 沸騰二相流, ボイド率

1. 緒言 BWR の燃料集合体は、燃料棒の稠密化と共に部分長燃料棒やウォーターロッド等の装備に伴い構造が複雑化・非均一化の傾向にあり、内部の冷却材流動を多次元的に理解することが重要である。本報では、当所で取組んでいる部分長燃料棒を含む燃料集合体を模擬した 5×5 バンドル体系の沸騰実験^[1]を対象として、TRACE (V5.0 Patch5) 及び CTF (V3.6)を用いて再現解析を実施し、バンドル内ボイド率の多次元的分布に着目して実験結果との比較や解析コードの特性の違いについて検討する。

2. 解析モデル 図 1 に対象実験の試験体を示す。模擬燃料棒の加熱ロッドを 5×5 に配列した鉛直上向きのバンドル流路で、右上隅の 3 本を有効発熱部の中程までの長さとした部分長燃料棒を模擬し、X 線 CT によるボイド率計測位置を軸方向に 6 断面設けている。図 2 に各コードの水平方向セル分割を示す。TRACE の解析モデルは、三次元流動を解くことができるコンポーネントを直交座標系で用い、水平断面を 10×10 セルで分割し、各セルに 1/4 領域ずつの加熱ロッドが配置されるよう、その構造や物性を踏まえて熱伝導計算を行うコンポーネントで模擬する。軸方向は発熱領域を 72 セルに分割する。CTF の解析モデルは、水平方向には 5×5=25 本の加熱ロッドで隔てられたセンター／サイド／コーナーサブチャンネルに基づいて計 36 セルに分割する。軸方向には、部分長の上端位置において上下でセクションを分け、右上隅の 3 本の加熱ロッドの有無を区分しており、TRACE と同様に 72 セルに分割する。

3. 解析結果 図 3 に系圧力 7.2 MPa、入口流速 1000 kg/m²s、入口サブクール度 17 K の条件を対象に、各コードの断面ボイド率分布を実験結果と併せて示す。実験では、下流側の部分長の無い領域において内壁に近いほどボイド率の低い急峻な分布が形成されている。CTF は、二相乱流混合係数 β にコード推奨値を用いることで水平方向に平均化される傾向があるが、 β を 0 に設定すると下流側の部分長の無い領域に実験と類似の分布が再現された。TRACE も、上流側は実験よりも過小評価となるが、下流側の部分長の無い領域には実験と類似の分布が再現された。

4. 結論 TRACE 及び CTF を用いて部分長模擬の加熱ロッドを有するバンドル流路の沸騰解析を行い、水平断面方向に非均一な体系でのボイド率分布を多次元的に再現できることを示した。

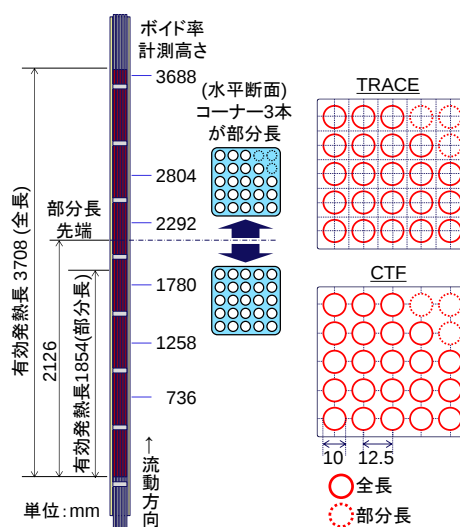


図 1 バンドル試験体

図 2 水平方向セル分割

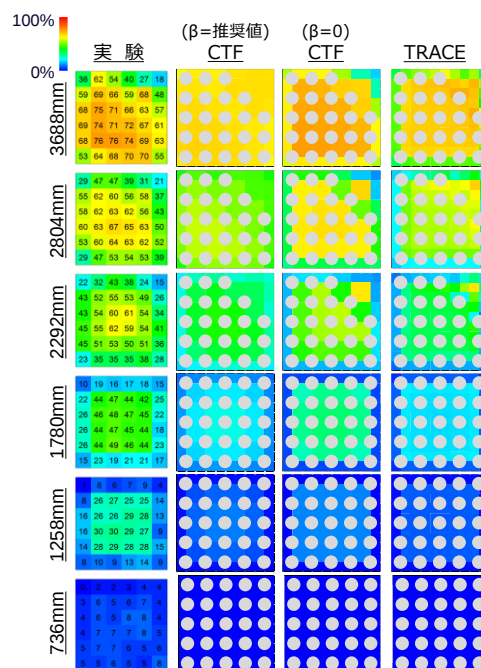


図 3 断面ボイド率分布

参考文献 [1] Arai, T. et al., 2021. Mech. Eng. J., Vol. 8, No. 4, p.21.

*Riichiro Okawa¹, Masahiro Furuya¹, Atsushi Ui¹, Takahiro Arai¹, Tsugumasa Iiyama¹, Shota Ueda¹, Kenetsu Shirakawa¹

¹Central Research Institute of Electric Power Industry